



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **128848** (13) **C2**
(51) МПК (2024.01)
G01N 33/24 (2006.01)
A01B 79/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: a 2021 05513</p> <p>(22) Дата подання заявки: 12.03.2020</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 07.11.2024</p> <p>(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: P201930272</p> <p>(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 26.03.2019</p> <p>(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: ES</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 15.12.2021, Бюл.№ 50</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 06.11.2024, Бюл.№ 45</p> <p>(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/ES2020/070174, 12.03.2020</p>	<p>(72) Винахідник(и): Лопес-Куерво Медіна Серафін (ES), Ламас Лопес Франсіско (ES), Ласкано Ласа Мірен Бакарне (ES)</p> <p>(73) Володілець (володільці): БЕЛЛОТА АГРИСОЛЮШНС, С.Л., Urola, 10, 20230 Legazpia (Guipúzcoa), Spain (ES)</p> <p>(74) Представник: Шляховецький Ілля Олександрович, реєстр. №190</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 2006276949 A1, 07.12.2006 WO 2015164791 A1, 29.10.2015 DE 102009000351 A1, 29.07.2010 US 2002107625 A1, 08.08.2002 US 2018310465 A1, 01.11.2018 US 2013211628 A1, 15.08.2013 US 2019059209 A1, 28.02.2019 WO 2018224790 A1, 13.12.2018</p>
--	---

(54) СПОСІБ І СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ

(57) Реферат:

Цей винахід стосується способу та системи для визначення механічного стану сільськогосподарських угідь, при цьому датчики, розташовані в ґрунтообробному елементі сільськогосподарської машини, одержують виміряні величини вібраційного сигналу, який є результатом обробітку ґрунту машиною на ґрунті; засоби зв'язку надсилають зазначені виміряні величини в пакетах даних до процесорного модуля; процесорний модуль переносить виміряні величини в частотну зону і обчислює виміряні величини енергії, щоб остаточно визначити механічний стан сільськогосподарських угідь на основі аналізу згаданих розрахункових енергій, при цьому визначений механічний стан містить ступінь твердості та ступінь пластичності.

UA 128848 C2

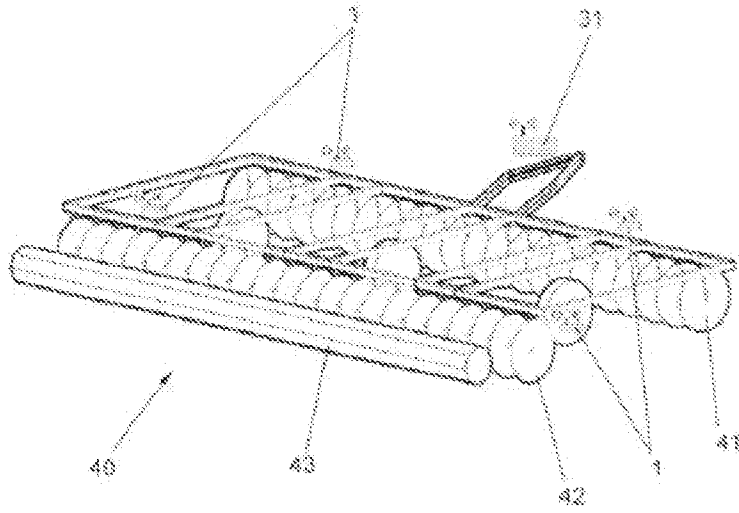


Fig. 4

Предмет винаходу

Цей винахід стосується галузі застосування методів та систем для керування сільськогосподарським виробництвом, а конкретніше - методів та систем для збирання даних із застосуванням датчиків, розміщених на сільськогосподарських машинах, з метою оптимізації обробітку ґрунту, використання сільськогосподарських знарядь та сівби.

Передумови створення винаходу

Наразі використання обладнання або сільськогосподарських знарядь для підготовки ґрунту і подальшої сівби сільськогосподарських культур є однією з найважливіших задач для правильного посіву культур в сільському господарстві.

Енерговитрати на роботи, пов'язані з підготовкою ґрунту та сівбою (оранка, розпушування або перемішування ґрунту; знищення, закопування або змішування відходів: вирівнювання тощо), змушують фермерів вибирати - чи виконувати всі польові роботи, іноді відмовляючись від якоїсь із них з економічних причин на шкоду перевагам їх застосування для вирощування сільськогосподарських культур.

Тенденцією у галузі є оптимізація сільськогосподарських робіт для забезпечення оптимального керування обробітком ґрунту, з виконанням декількох польових робіт за меншу кількість проходів або навіть за один прохід. Таким чином, під час підготовки сільськогосподарських угідь важливо знати стан ґрунту, що дає змогу оцінювати, планувати та приймати рішення щодо робіт із сільськогосподарськими знаряддями як під час підготовки ґрунту, так і під час сівби.

Механічні параметри ґрунту, такі як твердість, пластичність або вологість, впливають на оптимальну конфігурацію обладнання, яке буде використовуватися для сільськогосподарських робіт; тому знання цих параметрів дозволяє оптимізувати виконання робіт; зменшити витрати, і навіть дозволяє вибірково розширити застосування цих робіт. Крім того така оптимізація збільшує термін служби сільськогосподарського знаряддя, забезпечує уникнення поломок, які збільшують час виконання та зменшують продуктивність операції, збільшуючи витрати на сільськогосподарські роботи.

Наразі у цій галузі відомі різні рішення для збору даних датчиками, зв'язаними з сільськогосподарськими машинами, із застосуванням яких визначають різні параметри сільськогосподарських угідь. Наприклад, протягом багатьох років відоме використання датчиків для визначення стану посівів шляхом зважування зерна, вимірювання величини його вологості або інших характеристик врожаю, отримання інформації про врожай або зміни доз внесення добрив для сільськогосподарських культур в режимі реального часу.

Інші рішення щодо механічного дослідження ґрунту передбачають використання датчиків, здатних визначати параметри ґрунту шляхом відбирання проб під час зупинки або вилучення фракцій для подальшого хімічного аналізу, що дозволяє визначити рН та інші параметри.

Відомі також рішення, в яких віддають перевагу збиранню даних для подальшого аналізу електропровідності та навіть визначення оптичним методом властивостей ґрунту, пов'язуючи ці дані зі складом ґрунту, наприклад, органічними речовинами, щоб змінювати дозу насіння під час сівби сільськогосподарської культури.

Однак усі рішення, відомі на цей час у цій галузі, стосуються виключно сільськогосподарської культури, її специфічного стану під час росту та сівби насіння, враховуючи, наприклад, органічні властивості ґрунту. Проте на сьогоднішній день немає пропозицій, здатних ефективно в реальному часі визначати механічний стан ґрунту, за допомогою яких можна було б оптимізувати використання сільськогосподарських знарядь для підготовки ґрунту та сівби.

Наприклад, у патентній заявці US 20160262300 A1 розкритий пристрій, який динамічно налагоджує плугові лемеші залежно від стану ґрунту, але базує їх роботу на датчиках із залученням радіолокатора, вимірювання температури або визначення складу ґрунту. Проблема такого підходу полягає в тому, що висновки, навіть припускаючи, що вони можуть бути зроблені в режимі реального часу, надто загальні, оскільки стосуються ділянок ґрунту, які не є строго пов'язаними з дією плугових лемешів.

В іншій галузі відомі алгоритми визначення вібрацій, які стосуються визначення фізичних властивостей ґрунту, які здатні аналізувати несучу здатність ґрунту, але завжди базуються на датчиках вібрації та пасивній обробці інформації про вібрацію, при цьому обладнання встановлюється у певних положеннях, наприклад, на залізничній колії, для того, щоб дослідити поведінку залізничної платформи та взаємодію ґрунт / обладнання в умовах збудження, зовнішнього по відношенню до їх розташування (рухомий склад), та виміряти, як зовнішнє середовище змінюється з плином часу.

З огляду на все вищесказане зрозуміло, що галузі на її сучасному рівні розвитку не вистачає динамічного рішення для керування сільськогосподарським виробництвом, побудованого на точному визначенні механічного стану ґрунту в режимі реального часу, яке відповідало б таким методикам, наприклад, як ґрунтозахисний обробіток ґрунту, пряме висівання або точне землеробство, тобто методикам, які широко визнані в аграрній галузі як прийнятні Нинішній високий попит на такі методи в поєднанні з передбачуваною еволюцією роботизованої агрономії обіцяє реальне майбутнє для будь-якого рішення такого типу.

Опис винаходу

Щоб досягти поставлених цілей та уникнути вищезгаданих недоліків, цей винахід ґрунтується на аналізі вимірних величин, одержаних із застосуванням рухомих датчиків, при цьому збудження в цьому комплексі (трактор / сільськогосподарське знаряддя) є динамічним щодо об'єкта дослідження (сільськогосподарський ґрунт), що призводить до масового одержання даних з декількох позицій, які після обробки надають ряд параметрів, що визначають взаємозв'язок різних типологій / моделей поведінки обробленого ґрунту.

З цією метою цей винахід у першому аспекті надає спосіб визначення механічного стану сільськогосподарських угідь, який включає такі етапи:

- одержання, із застосуванням вимірювального засобу, розміщеного у ґрунтообробному елементі сільськогосподарської машини, вимірних величин вібраційного сигналу, при цьому згаданий вібраційний сигнал виробляється в результаті обробітку ґрунту сільськогосподарською машиною на сільськогосподарському угідді; - надсилання засобом зв'язку вимірних величин, одержаних з вібраційного сигналу, згрупованих у пакети даних (з метою оптимізації споживання електроенергії згаданим засобом зв'язку), до процесорного модуля;

- перетворення процесорним модулем вимірних величин вібраційного сигналу. Згрупованого в пакети даних, у частотний сигнал;

- обчислювання вимірних величин енергії виходячи з частотного сигналу; та

- визначення механічного стану сільськогосподарських угідь на основі вимірних величин енергії частотного сигналу, при цьому механічний стан, який визначають, включає ступінь твердості та ступінь пластичності.

Процесорний модуль передає вимірні величини в частотну зону, що дозволяє йому обчислювати вимірні величини енергії, виходячи з частотного сигналу, такого як сигнал спектральної густини потужності (PSD) або сигнал спектральної густини енергії, з якої коливання, генеровані в елементах, з яких складаються сільськогосподарські знаряддя, можна відфільтрувати та визначити. Таким чином, переважно динамічно і в режимі реального часу досягається автоматичний аналіз механічного стану ґрунту, і того, як елементи, які використовуються в сільськогосподарських знаряддях для обробітку ґрунту та сівби, впливають на результат обробки землі та дозволяють створити найкращий можливий шар ґрунту для оптимізації подальшої сівби сільськогосподарських культур.

Обробка в частотній зоні дозволяє перетворювати інформацію, таку як вібрації шляхом встановлення енергетичних параметрів, які здатні усунути шум у показах, одержаних датчиками, і одержати, з одного боку, параметри міцності та ущільнення ґрунту, та з іншого боку ~ можливі засмічення робочих елементів. Крім того, обробка даних у частотній зоні дозволяє керувати вимірними величинами прискорення, здатними забезпечити повторюваність даних щодо ступеня ущільнення сільськогосподарських угідь за еквівалентних ґрунтових умов.

В одному з варіантів здійснення цього винаходу ступінь твердості та ступінь пластичності сільськогосподарських угідь визначають заласно від вимірної величини амплітуди сигналу спектральної густини потужності (PSD) та певної смуги частот. Таким чином, вібрації в певній смузі частот переважно визначені, і таким чином можна встановити відповідність між множиною механічних станів ґрунту та різними наборами механічних параметрів, пов'язаних з різними ситуаціями, що, нарешті, дозволяє створити базу даних сільського господарства.

В одному з варіантів здійснення цього винаходу запропоноване визначення механічного стану сільськогосподарських угідь на основі порівняння першого енергетичного профілю, який відповідає розрахунковим вимірним величинам енергії, з множиною енергетичних профілів, які відповідають множині механічних станів.

В одному з варіантів здійснення цього винаходу запропонований потік інформації для обміну, який включає такі етапи: надсилання вимірних величин з вимірювального засобу до головного вузла зв'язку, розташованого в сільськогосподарській машині; надсилання інформації на основі вимірних величин з головного вузла до центрального сервера; та зберігання на центральному сервері інформації на основі вимірних величин, надісланих головним вузлом кожної сільськогосподарської машини. Факультативно у сценаріях з дуже великою кількістю датчиків вимірні величини вимірювальних засобів можуть бути передані через декілька

проміжних вузлів з функцією простого мосту, виконаних так, щоб забезпечити приймання та надсилання вимірних величин до головного вузла.

Крім того, розглянута можливість визначення, із застосуванням процесорного модуля, стану ґрунтообробного елемента відповідно до зміни, виявленої в частоті обертання ґрунтообробного елемента, при цьому стан ґрунтообробного елемента вибирають з-посеред стану блокування ґрунтообробного елемента або стану певного ступеня зносу.

Факультативно цим винаходом запропоноване модифікування із застосуванням виконавчого механізму системи для керування фізичними параметрами ґрунтообробного елемента залежно від визначеного механічного стану сільськогосподарських угідь, при цьому фізичний параметр вибирають з-посеред таких: робоча глибина, кут атаки ґрунтообробного елемента, відстань між ґрунтообробними елементами, тиск ґрунтообробного елемента та швидкість обертання ґрунтообробного елемента. А також з-посеред будь-яких інших дій, передбачених для використання в сільськогосподарських машинах, та ступеня свободи ґрунтообробних елементів.

Конкретний варіант здійснення цього винаходу включає етап частотного фільтрування, на якому усувають одну або декілька повторюваних частот частотного сигналу, що відповідає вібраціям, властивим роботі ґрунтообробного елемента.

Крім того, розглянута можливість визначення механічного стану сільськогосподарських угідь шляхом порівняння за методиками, пов'язаними з машинним навчанням, такими як нейронні мережі або інші алгоритми групування, першого енергетичного профілю, який відповідає вимірним величинам енергії сигналу спектральної густини потужності, з множиною енергетичних профілів, які відповідають множині механічних станів. Для цього обчислення показів, виконані в інтервалі частот, інтегровані в базу даних, яка дозволяє дізнаватися не тільки про конкретні дані кожного з датчиків, але й про їх поступове варіювання з часом, так що методики, пов'язані зі штучним інтелектом, можуть порівнювати та класифікувати збережені параметри вже класифікованих попередніх випадків.

Методики, пов'язані з машинним навчанням та штучним інтелектом, відповідно до одного з варіантів здійснення цього винаходу, діють двома способами: з одного боку вони дозволяють визначити вимірні величини для поточного моменту, коли згаданий датчик виявлений, а з іншого боку, вони додають ці нові покази до системи, щоб збільшити кількість нових вимірних величин в системі із застосуванням системи великих даних, яка поступово збільшує знання про поведінку ґрунтообробних елементів на нових ділянках, і з різними параметрами контуру, які система може знайти, оскільки змінюються дати, коли система працює на цих ґрунтах.

У другому аспекті цей винахід стосується системи для визначення механічного стану сільськогосподарських угідь, яка включає в себе:

- сільськогосподарську машину із щонайменше одним ґрунтообробним елементом;
- вимірювальний засіб, який включає в себе щонайменше один акселерометр та гіроскоп, розташований у щонайменше одному ґрунтообробному елементі, виконаний так, щоб забезпечити вимірювання вібраційного сигналу, який утворюється в результаті обробітку ґрунту сільськогосподарською машиною на сільськогосподарських угіддях;
- процесорний модуль, сполучений зі згаданим вимірювальним засобом, для визначення механічного стану ґрунту за вимірним вібраційним сигналом; та
- засіб зв'язку, виконаний так, щоб забезпечити обмін інформацією між вимірювальним засобом та процесорним модулем;

при цьому система виконана так щоб забезпечити одержання вимірних величин вібраційного сигналу із застосуванням згаданого вимірювального засобу відповідно до заздалегідь встановленої частоти; згрупування в пакети даних вимірних величин, одержаних з вібраційного сигналу; перетворення вимірних величин вібраційного сигналу, згрупованих в пакети даних, у частотний сигнал; обчислення вимірних величин енергії, виходячи з частотного сигналу; та визначення механічного стану сільськогосподарських угідь на основі вимірних величин енергії частотного сигналу, при цьому визначений механічний стан включає ступінь твердості та ступінь пластичності.

Засіб зв'язку, відповідно до одного з варіантів здійснення цього винаходу, включає в себе головний вузол, розміщений на сільськогосподарській машині, виконаний так, щоб забезпечити приймання вимірних величин з вимірювального засобу; та віддалений центральний сервер, виконаний так, щоб забезпечити одержання інформації, яка базується на вимірних величинах, яка надсилається з головного вузла кожної сільськогосподарської машини, і збереження її у базі даних.

Факультативно за одним з варіантів здійснення цього винаходу згаданий засіб зв'язку також включає в себе один або декілька проміжних вузлів, розташованих між вимірювальним засобом та головним вузлом, виконаних так, щоб забезпечити приймання вимірних величин з

вимірювального засобу та пересилання цих вимірних величин до головного вузла, діючи як міст.

В одному з основних варіантів здійснення цього винаходу вимірювальний засіб включає в себе єдиний датчик, розташований в одному з ґрунтообробних елементів, наприклад, в диску, і засіб зв'язку включає в себе головний вузол, реалізований практично у смартфоні при цьому смартфон також включає в себе процесорний модуль та комп'ютерний застосунок керування. Таким чином перевага віддається тому, щоб у найпростішому сценарії були скорочені вимоги до апаратного забезпечення системи.

В одному з варіантів здійснення цього винаходу наданий модуль бездротового зв'язку, сполучений з вимірювальними засобами, розташованими у кожному ґрунтообробному елементі, який виконаний так, щоб забезпечити надсилання вимірних величин з вимірювального засобу до наступного вузла, при цьому згаданий наступний вузол виконаний так, щоб забезпечити приймання та передавання бездротовим зв'язком. Таким чином, перевага віддається тому, щоб на додаток до класичного варіанта встановлення дротового зв'язку між елементами, цей винахід може встановлювати бездротовий зв'язок між ними.

База даних центрального сервера, відповідно до одного з варіантів здійснення цього винаходу, зберігає множину енергетичних профілів, які відповідають множині відомих раніше механічних станів, і процесорний модуль виконаний так, щоб забезпечити порівняння першого енергетичного профілю, який відповідає вимірним величинам енергії, які розраховані з урахуванням профілів із бази даних, та так, щоб забезпечити оцінювання механічного стану сільськогосподарських угідь у реальному часі. В одному з конкретних варіантів здійснення цього винаходу оцінювання механічного стану сільськогосподарських угідь у реальному часі виконують відповідно до математичної регресійної моделі, яка зберігається в базі даних.

Система за цим винаходом являє собою розподілену систему, яка відповідно до різних варіантів здійснення цього винаходу може змінювати обчислювальне навантаження процесорного модуля між різними елементами системи. В одному з варіантів здійснення цього винаходу процесорний модуль включає в себе головний процесор, розміщений у головному вузлі. Крім того, в одному з варіантів здійснення цього винаходу процесорний модуль також включає в себе локальний процесор, розташований в одному або декількох проміжних вузлах. Таким чином, за варіантом, якому віддається перевага, обчислювальна здатність проміжних вузлів може бути використана для вивантаження певного обчисленого об'єму на головний процесор, коли це необхідно.

В одному з варіантів здійснення цього винаходу центральний сервер має обчислювальну здатність і виконаний так, щоб головним чином приймати, зберігати та надавати можливість перегляду інформації за тривалий період часу щодо раніше одержаних даних. Також надана можливість того, що у міру збільшення обсягу даних за тривалий період часу алгоритми машинного навчання, такі як нейронні мережі або інші, будуть використовуватися на центральному сервері для уточнення обчислень оцінок механічного стану сільськогосподарських угідь. Вихідні значення алгоритмів - це посилання, встановлені алгоритмами процесорного модуля, так що в одному з варіантів здійснення цього винаходу головні вузли можуть визначати механічний стан ґрунту, не потребуючи постійного зв'язку з центральним сервером, в іншому випадку буде достатньо мати точкові з'єднання, щоб передавати зміни в його алгоритм.

Процесорний модуль в одному з варіантів здійснення цього винаходу включає в себе систему керування, яка має щонайменше один привод, пов'язаний з ґрунтообробним елементом, виконану так, щоб змінювати фізичні параметри ґрунтообробного елемента.

Крім того, один з варіантів здійснення цього винаходу включає в себе модуль геолокації, виконаний так, щоб забезпечити визначення місцезнаходження, де була одержана кожна з вимірних величин, одержаних з вібраційного сигналу. Таким чином, цей винахід переважно поєднує інформацію про місцезнаходження з характеристикою ґрунту в базі даних, щоб, наприклад, генерувати карти змінності ущільнення ґрунту на ділянках, зберігаючи та аналізуючи результати в режимі реального часу. На додаток до допомоги негайному реагуванню оператора на ґрунт и, він дозволяє порівняти попередні процеси та сезонні роботи, щоб прийняти рішення щодо конфігурації сільськогосподарських машин, наскільки це можливо.

Сільськогосподарська машина включає в себе трактор і щонайменше одне з сільськогосподарських знарядь, таких як: культиватор, сівалка, плуг або будь-яке інше сільськогосподарське знаряддя, призначене для обробітку ґрунту; і при цьому ґрунтообробні елементи сільськогосподарської машини вибрані з-посеред таких: диски, важелі, лемеші, борони, муфти, наконечники, відвали або будь-які інші елементи, виконані так щоб забезпечити сприйняття вібрацій під час операції обробітку ґрунту сільськогосподарською машиною.

В одному з варіантів здійснення цього винаходу вимірювальні засоби розташовані на множині ґрунтообробних елементів сільськогосподарської машини відповідно до заздалегідь встановленої типології, при цьому процесорний модуль виконаний так, щоб забезпечити спільну обробку одержаних вібраційних сигналів. Таким чином, цей винахід переважно враховує розташування датчиків, їх пари та змінні оточення для того, щоб одержати кінцеві параметри результатів обслідування.

Цей винахід має множину переваг, включаючи визначення поведінки сільськогосподарських машин шляхом оцінювання робочого стану ножного ґрунтообробного елемента для того, щоб прийти до висновку, наприклад, про наявність блокування у конкретному елементі, з яким зв'язаний датчик, або для того, щоб визначити його знос шляхом аналізування частоти між одним і тим самим компонентом на початку та в кінці строку його експлуатації, за допомогою якого можна встановити оптимальний момент для його заміни.

У цьому винаході збирають численні покази (різні параметри вібрації, пов'язані з механічною поведінкою ґрунту, та дані про просторове розташування знаряддя під час збирання даних), характеризуючи їх незалежним та згрупованим чином. Отже, мова йде про масштабований процес зростання та про характеристики навчання, при цьому те, що було вивчено, використовується для того, щоб вдосконалити роботу машин. Таким чином, можна здійснити процес самонавчання у польових умовах шляхом створення автономних систем прогнозування.

Із застосуванням способу та системи за цим винаходом визначають стан ґрунту, аналізують поведінку ґрунтообробних елементів та вплив того та іншого на сільськогосподарський процес, так що можна оптимізувати витрати, обробіток та енергоспоживання на роботі з підготовки сільськогосподарських угідь. Аналізуючи вібраційні сигнали, що відповідають параметрам обробітку ґрунту, таким як ступінь твердості та/або пластичності ґрунту, коли сільськогосподарські машини здійснюють обробіток ґрунту або сівбу сільськогосподарських культур, можна зменшити економічний вплив цих робіт з точки зору зносу матеріалів, витрати дизельного палива, пов'язаних із зусиллям чи інтенсивністю, з якими виконуються роботи, та кінцевим результатом, необхідним для посіву.

Система за цим винаходом переважно використовує виміряні величини датчиків не тільки для вимірювання величини механічного стану ґрунту, але також дозволяє зчитувати, передавати, обробляти, діагностувати, інтерпретувати та діяти, тим самим створюючи інтелектуальну систему для взаємодії між ґрунтообробними компонентами, обладнаними згаданими вимірювальними засобами, та сільськогосподарською машиною. Тому виміряні величини вводять в процес інтелектуального прогнозування, який дозволяє зменшити шум (похибку) одержаних даних, порівнявши їх з попередніми даними, та отримати відповідь з використанням штучного інтелекту в режимі реального часу, щоб забезпечити систему вдосконаленнями для визначення параметрів, що мають бути визначені, які дозволяють досягти навіть автономної роботи ґрунтообробних елементів при підготовці та засіві сільськогосподарських угідь.

Короткий опис фігур

Для завершення опису цього винаходу та для того, щоб зробити його характеристики більш зрозумілими, відповідно до наведеного як приклад варіанта його здійснення, якому віддається перевага, до опису доданий набір фігур, які призначені для ілюстрування, та не призначені для обмеження.

- На Фіг. 1 зображений один з датчиків за цим винаходом.

- На Фіг. 2 зображена дискова борона сільськогосподарської машини з приєднаним вимірювальним вузлом.

- На Фіг. 3 схематично зображена система зв'язку та керування за цим винаходом.

- На Фіг. 4 зображене розташування датчиків на сільськогосподарській машині відповідно до одного з варіантів здійснення цього винаходу

- На Фіг. 5 зображена схема інформаційного потоку мобільного застосунку, встановленого у одному з варіантів здійснення цього винаходу.

- На Фіг. 6 показана схема передавання інформації датчиків в одному з варіантів здійснення цього винаходу

- На Фіг. 7 показана схема створення бази даних в одному з варіантів здійснення цього винаходу.

Опис варіанта здійснення винаходу, якому віддається перевага

Цим винаходом розкриті спосіб та система для визначення механічного стану ґрунту із застосуванням вимірних величин з датчиків, встановлених в ґрунтообробних елементах сільськогосподарської машини.

Спосіб та система за цим винаходом оцінюють виміряні величини, одержані датчиками, для складання прогнозу певних механічних параметрів ґрунту залежно від аналізу вібраційних сигналів, які генеруються при роботі сільськогосподарської машини та її взаємодії з ґрунтом, який фермери переважно використовують для прийняття рішень, пов'язаних із плануванням сільського господарства, експлуатацією своїх машин або автоматизацією робочих процесів.

Сівалка, культиватор, плуг або інше сільськогосподарське знаряддя може мати 10, 20, 30 або навіть 100 ґрунтообробних елементів, і їх розташування в сільськогосподарському знарядді виконується рядами, і сільськогосподарське знаряддя може мати 2 ряди, 3 ряди, 4 ряди і навіть 8 рядів кількох типів елементів, що дозволяє виконувати декілька операцій з підготовки ґрунту за один прохід сільськогосподарської машини на оброблюваному полі. Отже, знання того, як за один прохід сільськогосподарське знаряддя поводить у ситуації з ґрунтом, є оптимальним для виконання таких робіт; і є точно однією з цілей цього винаходу, при цьому поведінку знарядь фіксують під час виконання робіт з підготовки ґрунту та сівби, вимірюючи вібрацію, яка генерується в обладнанні через різну механічну поведінку ґрунту.

Сільськогосподарські машини, які найчастіше використовують при підготовці ґрунту та при сівбі, включають в себе трактор та одне або декілька сільськогосподарських знарядь, таких як сівалки, розуцільнювачі, культиватори або плуги. На цих сільськогосподарських знаряддях розташований комплект ґрунтообробних елементів, які є конкретними для кожної роботи, яку необхідно виконати. Наприклад, головними ґрунтообробними елементами сівалок є лемеші та посівні диски, які виконані так, щоб забезпечити відкриття борозни в ґрунті. У розуцільнювачах ґрунтообробними елементами, які контактують із ґрунтом, є важелі, виконані так, щоб забезпечити розпушення та спучування ґрунту, при цьому вони зберігають поверхню неушкодженою та покращують циркуляцію води та насичення киснем ґрунту, сприяючи росту коріння та розвитку рослин, досягненню більших врожаїв. Згадані культиватори виконують декілька функцій, таких як видалення бур'янів, подрібнення грудок, розпушення поверхневого шару ґрунту, формування дрібного ґрунту на насінній лунці або підготовка ґрунту до поливу та внесення добрив у ґрунт, і для цього вони мають декілька ґрунтообробних елементів, таких як сошники та культиваторні лапи різних форм та розмірів відповідно до роботи, яку потрібно виконати. Борони та плуги також мають диски з різною вгнутістю та розмірами для обробки ґрунту. Іншими ґрунтообробними елементами є відвали плуга, сільськогосподарські лемеші, наконечники, п'яти, леза або дефлектори. Усі згадані вище елементи мають дуже специфічні особливості, що робить їх придатними для тих чи інших робіт. Наприклад, вибір увігнутості, розмірів, ступенів твердості або в'язкості буде залежати від механічних умов ґрунту, який буде оброблятися, з цієї причини важливо одержати цю інформацію, щоб у будь-який час обрати найкращу конфігурацію.

У наведеному як приклад варіанті здійснення цього винаходу згадана система включає в себе множину датчиків 1, кожен з яких, з огляду на їх простоту та невеликий розмір, може називатися "вимірювальним вузлом" або "електронним вузлом", як зображено на Фіг. 1. Головний вимірювальний вузол має датчики вібрації, щоб фіксувати поведінку елемента, який контактує зі згаданим вимірювальним вузлом, через вібраційний сигнал, який поширюється через згаданий елемент під час його роботи. Таким чином, система за цим винаходом базується переважно на конфігурації датчиків акселерометра у вимірювальних вузлах, хоча в деяких варіантах виконання ці вузли мають інформацію, яка є додатковою або факультативною до інформації самого акселерометра, яка надходить від інших зовнішніх датчиків, яку система вміє інтерпретувати та використовувати.

Електронні вузли призначені для встановлення в будь-якому зі згаданих вище робочих знарядь для підготовки ґрунту та / або сівби, фіксування вібрацій, одержаних у згаданому робочому знарядді від контакту із ґрунтом під час роботи, та передавання відповідних виміряних величин до процесорного модуля. Вони можуть бути встановлені на зовнішній поверхні одного з ґрунтообробних елементів сільськогосподарського знаряддя, такого як диск 2 борони, зображений на Фіг. 2, для аналізування їх поведінки або використання для оцінювання групи елементів або корпусу сільськогосподарського знаряддя.

Як приклад, у наведеній нижче таблиці показані дані, зібрані одним з електронних вузлів, у цьому випадку "датчиком 4" при цьому згадані дані наведені у двох різних записах, або зонах, які у цьому описі згадуються як "3" та "7" для певного проходу, який в цьому випадку позначений як '41 В'. В таблиці у згаданих записах наведені виміряні величини максимальної PSD (MPSD), частоти, на якій виникає максимальна PSD (FMPD), та накопиченої енергії, яка збережена як змінна енергія.

Прохід	Датчик	Запис	MPSD	FMPSD	Енергія
P11B	4	3	73,74402	2,4	1216,849
P11B	4	7	319,7832	4	5579,943

На Фіг. 3 схематично показана система для керування за цим винаходом, в якій передбачена мережа зв'язку, яка включає в себе декілька вузлів для розподілу керуючої інформації. Зв'язок між вимірювальними вузлами та головним вузлом можна здійснювати із застосуванням дротового з'єднання або, наприклад, у випадку великої кількості вимірювальних вузлів, із застосуванням бездротового з'єднання відповідно до схеми, показаної на Фіг. 3. У цьому випадку вимірювальні вузли 1 мають модуль 30 бездротового зв'язку для передавання множини вимірних величин, одержаних з виявленого вібраційного сигналу, до головного вузла 31, який переважно слід розміщувати в тракторі сільськогосподарської машини, хоча в інших базових варіантах здійснення цього винаходу головний вузол практично інтегрований у портативний електронний пристрій, такий як електронний планшет або мобільний телефон. Крім того, можуть бути включені проміжні вузли 32, які діють як міст і передають інформацію до головного вузла. Цей головний вузол виконує роль хазяїна інформації, групі записи датчиків в єдиній базі даних і робить їх доступними для користувача та системи для аналізу та взаємодії з навколишнім середовищем завдяки цій системі для керування. Вся інформація з головного вузла надсилається на віддалений центральний сервер 35, де вона зберігається у загальній базі даних, доступній з відповідними обмеженнями безпеки та конфіденційності з головних вузлів різних машин.

Факультативно проміжні вузли можуть мати такі самі обчислювальні функції, що і головний вузол, для запобігання можливим проблемам зв'язку з огляду на дуже велику кількість датчиків, які в бездротовому режимі можуть перевищити ліміт приймання проміжного вузла. Таким чином, подвоєння проміжних вузлів гарантує послугу незалежно від кількості електронних вузлів, крім того, хоча головна функція проміжних вузлів - діяти як міст, вони також можуть бути виконані так, щоб забезпечити обробку частини інформації і тим самим зменшити обчислювальне навантаження на головному вузлі, якому, коли він одержує інформацію від дуже великої кількості датчиків, може знадобитися певний час для обробки, що утворило б вузьке місце.

Системи 33 третіх осіб можуть бути під'єднані до системи за цим винаходом через єдину шину 34, встановлену в сільськогосподарській машині, переважно в тракторі, відповідно до протоколу зв'язку по послідовній шині або по шині CAN, залежно від вибраного варіанта виконання, а також із застосуванням певних приводів для динамічного регулювання певних фізичних параметрів ґрунтообробних елементів, дотримуючись інструкцій, надісланих системою для керування. Таким чином, конфігурацію та керування за цим винаходом можна налагоджувати для будь-якого типу кінцевої інформаційної потреби системи, також налагоджуючи загальну кількість вузлів та датчиків.

Розташування датчиків на сільськогосподарській машині 40, такий як показана у прикладі, зображеному на Фіг. 4, де детально показано сільськогосподарське знаряддя, причеплене до трактора (не зображеного), є змінним і залежить від кількості та розповсюдження, необхідного оператора у кожному конкретному випадку, або залежно від можливостей керування ґрунтообробними елементами та сільськогосподарською машиною, зокрема. Наприклад, розташування рядків дозволяє одержати інформацію з кузова сільськогосподарської машини, тоді як групова конфігурація дозволяє одержати параметри нестабільності всередині машини.

Зокрема, сільськогосподарська машина на Фіг. 4 працює з трьома рядами сільськогосподарських елементів, розташованих у сільськогосподарському знарядді.

Перші два ряди 41 і 42 (найближчі до трактора) - це дискові борони, а останній ряд включає в себе ущільнювальний коток 43. Крім того, чотири датчики 1 були розподілені по всій структурі сільськогосподарського знаряддя. Таким чином, у цьому конкретному прикладі сільськогосподарська машина виконує дві різні роботи в ґрунті за один прохід. Беручи до уваги, що ґрунтообробні елементи мають декілька придатних для переналаштування параметрів, таких як робоча глибина, швидкість обертання або кут атаки, цей винахід дозволяє, при отриманні інформації про механічний стан ґрунту, встановити найкращу конфігурацію цих ґрунтообробних елементів для кожного ряду. Ця конфігурація може бути встановлена користувачем у режимі реального часу, або вона може бути встановлена автоматично відповідно до інформації, яка зберігається в базі даних відносно тієї самої землі за попередні роки або відносно подібних полів, оброблених тими самими або дуже подібними сільськогосподарськими машинами.

Наприклад, для ґрунту, який був визнаний твердим, першому ряду 41 сільськогосподарського знаряддя можна автоматично призначити параметри малої глибини та невеликий кут атаки, щоб виконати полегшену роботу з дискового боронування. Для іншого з рядів, такого як ряд 42, хоча він виконує таку саму функцію, що і ряд 41, порівняння вбудованих датчиків дає змогу дізнатися, на якому ґрунт і виконується робота, виконана рядом 41, і таким чином прийняти різні рішення щодо конфігурації, такі як менший кут атаки та робоча глибина, яка відрізняється від першого ряду, зменшуючи інтенсивність процесу завдяки знанню одержаного результату, який відповідає потребам фермера. У цьому випадку вартість роботи буде зменшена завдяки зниженню інтенсивності процесу з точки зору необхідної потужності та зносу компонентів сільськогосподарського знаряддя. Так само останній ряд 43, який відповідає котку ущільнювача, матиме пов'язане робоче ущільнення / осідання, яке буде залежати від результату роботи, вимірної попередніми датчиками, стану ґрунту та подібних операцій із задовільними результатами, які були збережені в базі даних. Таким чином, можна оптимізувати роботу кожного ряду, а отже, і сільськогосподарської машини, гарантуючи відтворюваність робіт у подібних умовах.

Система відкрита для налаштування кількості, розташування або типу різних датчиків та кількості вузлів, які одержують інформацію від датчиків. Таким чином, можна налаштувати їх кількість через мобільний застосунок або, якщо обладнання підключено до шини CAN / ISOBUS трактора сільськогосподарської машини, із застосуванням інтерфейсу користувача згаданого трактора. На Фіг. 5 показана блок-схема інформації в мобільному застосунку, який включає один з варіантів здійснення цього винаходу, або шина системи CAN / ISOBUS трактора, при цьому, після початку процесу 50, процес переходить до конфігурування 51 системи, при цьому користувач вводить кількість датчиків, розташування, модель та тип сільськогосподарського знаряддя сільськогосподарської машини; потім починається операція приймання вимірних величин 52 і визначення зчитуваних місцеположень 53, одержаних модулем геолокації. Вся ця інформація 54 надходить у застосунок або, за його відсутності, в інтерфейс користувача шини системи CAN / ISOBUS трактора сільськогосподарської машини. З одного боку, застосунок відкриває комунікації 55 мобільного пристрою, на якому вона була встановлена, щоб переслати інформацію до центрального сервера, а з іншого боку, одержана інформація потім записується 56, де їй призначається ім'я 57, що дозволяє отримати її пізніше. Етапи записування даних та призначення імен виконуються безперервно, поки система не вимкнеться, що призведе до того, що всі записані до цього моменту дані будуть надіслані 58 до бази даних, а операція закінчиться 59.

На Фіг. 6 показана схема передавання інформації датчиків в одному з варіантів здійснення цього винаходу, при цьому кількість і розподіл датчиків буде залежати від інформації, яку необхідно одержати, як описано в попередньому прикладі, показаному на Фіг. 4. Потік інформації починається з даних, зібраних електронними вузлами 1 та геолокаційними модулями 63, проходить через польовий комп'ютер, який включає в себе головний вузол 31 згаданого трактора кожної сільськогосподарської машини згаданої системи, і закінчується в центральному сервері 35 згаданої системи або на сервері 64 третіх осіб. Існує також зворотний шлях потоку інформації, такий, що аналіз інформації, виконаний на центральному сервері або на сервері третіх осіб, надсилається назад до головного вузла, при цьому команди 66 керування можуть бути надіслані електронними вузлами.

Якщо більш детально описувати схему передавання інформації, показану на Фіг. 6, то у цьому випадку електронний вузол 1 має датчик 60 акселерометра, пам'ять 61, модуль 30 бездротового зв'язку та інші датчики 62. Інформація, одержана датчиками, формується у вигляді пакетів даних, які надсилаються до контролера польового комп'ютера головного вузла 31, безпосередньо або через проміжний вузол 32, який приймає пакети від будь-якого з електронних вузлів, обробляє пакети, аналізує їх взаємозв'язок, особливо ті, які є парними, та формує параметри дії або записування.

Модуль 63 геолокації має модуль зв'язку для мереж LTE/4G/3G/2G, який надсилає супутникову інформацію про місцезнаходження (GNSS) до контролера польового комп'ютера головного вузла, де виконується синхронізація та спаровування кожної з вимірних величин з інформацією про місцезнаходження.

Вся інформація, одержана в головному вузлі, використовується для створення бази даних, яка є доступною згаданій системі для зберігання та подання цієї бази даних на будь-який електронний пристрій, який був задалегідь сконфігурований. Окрім того, що її можна надсилати безпосередньо до центрального сервера 35 або до серверів 64 інших виробників, її також можна надсилати на мобільний пристрій 65. з якого, за вибором користувача, дані авантажуються до центрального сервера через підключення до інтернету.

Для зв'язку з серверами інших виробників або з будь-яким елементом, зовнішнім до згаданої системи за цим винаходом, контролер споряджений засобом зв'язку ISOBUS, який може підключатися до засобів зв'язку сільськогосподарських комунікацій та інтегрувати свою інформацію з іншими виробниками та контролерами через стандарт ISO11783.

5 На Фіг. 7 показана схема створення бази даних 70 за одним з варіантів здійснення цього винаходу, при цьому інформація, одержана електронними вузлами 1, розташованими в сільськогосподарській машині, поєднується з інформацією про місцеположення, одержаною із застосуванням модуля 63 геолокації. В основному, процес складається із синхронізації даних з датчиків з інформацією про місцеположення. Для цього частота вибірки, час записування та передавання враховуються як функція застосунку, тому первісно встановлена конфігурація параметрів часу записування пакетів та частоти захвату датчиків визначатимуть одержану вибірку та її точність. Синхронізовані дані згруповані в різні пакети (711, 712, ... 713), які впорядковано зберігаються в базі даних 70, при цьому кожен із пакетів, у свою чергу, містить декілька вимірних величин GPS (714, 715) та декілька пакетів вимірних величин датчиків (716, 717, ... 718).

Цим винаходом надані декілька шарів дій, які можуть бути сконцентровані на трьох рівнях, які описані нижче.

На першому рівні базова операція винаходу має датчик, який знімає дані про поведінку ґрунтообробного та посівного знаряддя на поверхні ґрунту під час проходу сільськогосподарського знаряддя. Для цього в одному з варіантів здійснення цього винаходу датчик має акселерометр та гіроскоп, які реєструють вібрацію, яка виникає при взаємодії машини з ґрунтом, яка впливає на всі компоненти в результаті твердості, вологості ґрунту або інших механічних параметрів. Обробка зафіксованих вібрацій, як описано вище, дозволяє визначити механічний стан ґрунту, пов'язаний з певними механічними параметрами, такими як твердість або пластичність, що впливають із зазначеної обробки. На другому рівні один з варіантів здійснення цього винаходу, який є більш повним, ніж попередній, має множину датчиків, розподілених у декількох точках сільськогосподарської машини (переважно в сільськогосподарському знарядді та в ґрунтообробних елементах, хоча деякі датчики також можуть бути встановлені в тракторі), які одержують вимірні величини, пов'язані з різними ґрунтообробними елементами або групами елементів під час роботи. Відповідно до прикладу розподілу датчиків, показаного на прикладі, зображеному на Фіг 4, вимірні величини, одержані датчиками 1, сполученими із сільськогосподарським знаряддям, надсилаються до головного вузла 31, при цьому локальний процесор аналізує, відповідно до просторового розподілу датчиків, одержані вимірні величини для встановлення диференціалізованих параметрів різних точок машини.

Датчики працюють окремо, записуючи індивідуальні вимірні величини на кожному проході сільськогосподарської машини, що є поверхневим аналізом механічного стану ґрунту, але знання розташування всіх датчиків дозволяє спільно їх оцінювати, і дозволяє визначити диференціалізовану поведінку сільськогосподарської машини, розділяючи спосіб, яким виконується робота, на групи виконавчих механізмів або навіть на частини по всій машині.

В одному з варіантів здійснення цього винаходу використане поздовжнє групування датчиків, що дозволяє дізнатися, як перший датчик дає інформацію про стан ґрунту до проходу дисків або елементів борони, а Другий датчик, розташований після першого датчика, дозволяє визначити зміни в ґрунті після дії борони.

В одному з варіантів здійснення цього винаходу використане поперечне групування датчиків, що дозволяє змінювати інтенсивність роботи різних частин машини, пристосовуючи операцію до різних ділянок, визначених, наприклад, більш широкими сільськогосподарськими знаряддями.

Подібним чином можна діяти з будь-яким елементом, який зараз вбудований у сільськогосподарські машини, наприклад, становить інтерес керування роботою дисків борони, розташованих у першому ряді сільськогосподарської машини, із застосуванням датчиків, розташованих у другому ряді, і це, у свою чергу, має контролюватися з третього ряду. Завдяки діям такого типу можна контролювати роботу різних компонентів або елементів та частин машини, що є важливим фактором при одночасній роботі з роботизованими машинами, які можуть діяти та реагувати у залежності від типу ґрунту, з яким вони стикаються, проходячи через ділянку. Таким чином, перевага віддається тому, щоб декілька компонентів працювали одночасно, і, впливаючи індивідуально на кожний з них, можна оптимізувати роботу з підготовки ґрунту та зменшити час та споживання енергії необхідні навіть для одного проходу, що ще більше зменшує ущільнення ґрунту, яке відбувається при кожному проході машини.

На третьому рівні, що відповідає одному з варіантів здійснення цього винаходу, який є більш повним, ніж попередні, цей винахід взаємодіє з іншими елементами на додаток до тих, що описані вище, такими як конкретні датчики, наявні на ринку, які поліпшують використані алгоритми та підвищують ефективність системи. Завдяки цьому основна система споряджена декількома вхідними портами цифрового зв'язку для включення додаткових сигналів від датчиків вологості, кількості відходів, органічних речовин тощо.

Вся інформація від датчиків допомагає визначати механічні параметри стану ґрунту, а також поведінку ґрунтообробних елементів, одержувані в режимі реального часу процесорним модулем системи.

Процесорний модуль системи може бути реалізований у проміжному вузлі, в головному вузлі або розподілений між ними. Будь-яка з функцій обробки може також виконуватися в процесорі, розміщеному в проміжному вузлі, у головному вузлі або в центральному сервері.

Крім того, електронний вузол включає в себе модуль геолокації, наприклад, GPS, який генерує інформацію про місцеположення для кожної з виміряних величин, одержаних датчиками, що надає можливість виявлення часових відмінностей у поступовому змінюванні ґрунту та призведе до автоматичного прийняття рішень у майбутньому завдяки системі відстеження. Крім того, модуль визначення місцезнаходження GPS може бути інтегрований у сільськогосподарську машину, і саме процесорний модуль пов'язує виміряні величини, одержані кожним з датчиків, з інформацією про місцеположення, одержаною модулем геолокації.

У цьому винаході використані декілька можливостей доставляння даних. Таким чином, цей винахід можна змінювати для надсилання інформації для зчитування на пристрої зв'язку користувачів, такі як мобільні телефони або електронні планшети, де для цього встановлено певний за стосунок, або лише в електронному вигляді, коли вони взаємодіють з іншим обладнанням, щоб забезпечити автоматичне конфігурування залежно від інформації, одержаної з попередніх випадків із подібними умовами (наприклад, ідентична сільськогосподарська машина або подібний механічний стан ґрунту).

Відповідно до одного з варіантів здійснення цього винаходу, система за цим винаходом у взаємодії з іншим обладнанням може додатково мати електронну плату для з'єднання з іншими системами або навіть мати власну електронну скриньку для надсилання інформації. Таким чином, обидві платформи, електронна плата або скринька, дозволяють передавати інформацію у відкритому форматі, наприклад, ISOBUS або xml, іншим виробникам, з якими попередньо узгоджено його використання, або вона є інтегрованою у закритому форматі, щоб інші одержувачі могли інтегрувати його у свої машини. Після передавання механічних параметрів ґрунту, визначених алгоритмами процесорного модуля, вся інформація зберігається в базі даних центрального сервера, який відповідно до різних варіантів здійснення цього винаходу буде виділений фізичним сервером, або буде практично реалізованою у хмарі, де вона буде доступна для подальшого аналізу компонентів системи та інших ґрунтів.

У поєднанні з детально описаними вище апаратними елементами, які включає в себе система за цим винаходом, мета оптимізації обробку ґрунту, використання сільськогосподарських та посівних знарядь вимагає певних алгоритмів у процесорному модулі для керування операціями збирання інформації, її обробки, зв'язку та продуктивності. Ці алгоритми працюють на двох рівнях. На першому рівні виконується відносна або локальна обробка, при якій алгоритм працює виключно відповідно до того, що є на ґрунті, аналізуючи конкретну ділянку, на якій працює сільськогосподарська машина, та диференціалізовані реакції, що містяться в ґрунті, таким чином визначаючи механічну мінливість ґрунту із застосуванням масового аналізу визначень, одержаних датчиками (переважно акселерометрами та гіроскопами) електронних вузлів. Результатом є відносне визначення механічного стану ґрунту, при цьому ступінь твердості та пластичності стосується лише ґрунтів, які зараз обробляються. Інтерпретація цих даних дозволяє визначити, крім ступеня твердості (що відповідає високим коливанням) та ступеня пластичності (що відповідає низьким коливанням), відмови диска (що відповідає відсутності даних за наявності інформації про датчик), зношування (що відповідає варіаціям частоти обертання елемента) та термін служби (що відповідає заздалегідь встановленому значенню інтервалів значень обертання або годин роботи).

На другому рівні роботи алгоритми процесорного модуля включають прогнозування, планування та відстеження робіт, які виконуються під час підготовки ґрунту. Визначення переходять від відносних до абсолютних завдяки збиранню, керуванню та передаванню даних різних ділянок до хмарного середовища (процес збирання даних повторюваний та порівняльний, головним чином швидкість сільськогосподарської машини та структура, яка визначає зовнішнє активування ґрунту), досягається зберігання та порівняння різних місцеположень / ділянок з великою просторовою диференціацією між ними, і надсилання до центрального сервера.

Центральний сервер зазвичай має продуктивність обробки даних більшу, ніж процесори, які є одним цілим з проміжними / головними вузлами на борту сільськогосподарських машин на ґрунті.

Після того як процесорний модуль обробить всю інформацію по конкретній ділянці, порівнявши одержані виміряні величини зі збереженими виміряними величинами відносно інших ділянок із порівняними характеристиками, він надсилає абсолютні обчислення назад до головного вузла сільськогосподарської машини, щоб перейти до параметризації різного обладнання, до якого він приєднаний, і ґрунту, що обробляється. Одночасно процесорний модуль генерує карту поведінки обладнання та операцій, яку можна пов'язати з картою механічної поведінки ґрунту.

Обчислення та прогнозування, які виконує процесорний модуль, ґрунтуються на всій інформації, яка одержана за попередні роботи (або на щонайменше одному початковому навчальному періоді) та яка збережена у базах даних. Після одержання механічних параметрів вони використовуються як вхідні дані для методів аналізу на основі штучного інтелекту (наприклад, нейронних мереж, які одержують прогнози з фізичних параметрів на основі значень, вимірянних датчиками, або на основі функцій регресії, які аналізують вплив кожної змінної та її фізичний зв'язок із системою) з метою передбачення у реальному часі механічної поведінки (вихід алгоритму) ґрунту, на якому працюють сільськогосподарські знаряддя.

Для того, щоб встановити різні типи ґрунтів та відповідні дані датчиків щодо них, попередньо вимірюють опір проникненню, вологість та пластичність із застосуванням наявних на ринку датчиків, а значення частот та енергії вивчають шляхом збору даних для майбутньої обробки. Таким чином отримуються вихідні відносні та абсолютні дані, із застосуванням яких система навчається.

Прогнози вихідних даних здійснюються в режимі реального часу, що досягається шляхом прямого забезпечення процесорного модуля миттєвими показами датчиків вібрації, інтегрованих в ґрунтообробні елементи сільськогосподарських машин, у міру їх одержання. Покази одержуються згаданими датчиками у часовій зоні, але вони характеризуються та фільтруються із застосуванням параметрів вібрації, обчислених у частотній зоні, де прогноз дуже багатий інформацією щодо цього типу сигналів. Інформація про частоту - це перша параметризація механічної поведінки, при якій різні довжини хвиль перетворюються в енергетичне збудження на різних частотах. Іншими словами, перетворення у частотний простір дозволяє розподілити вібраційний сигнал на різні довжини хвиль, з яких одержують виміряні величини енергії кожної з них, і, таким чином, самостійно аналізувати їх, щоб мати можливість діагностувати, який фізичний факт спричинює вібрацію.

На закінчення, процесорний модуль пов'язує ці покази, одержані в режимі реального часу, з вихідним значенням завдяки взаємозв'язку / навчанню, заздалегідь визначеному для значень, одержаних вручну щодо ґрунту, який розглядається, і порівнює з даними за тривалий період часу, зібраними в базах даних системи.

Частота і час збору інформації датчиками значною мірою впливають на точність і роздільну здатність інформації, яка фіксується. Крім того, частота зчитування, час пакування та час передавання змінюються у залежності від елементів, які використовуються у сільськогосподарському знарядді, та параметрів, що мають бути визначені, так що, наприклад, для дослідження вібрацій потрібна значна кількість показів для частотного дослідження сигналу, тоді як збої обертання або термін служби не потребують цього, в одному з варіантів здійснення цього винаходу час зчитування, що використовується для створення пакетів записів, виконується в діапазоні частот від 50 Гц до 500 Гц, іншими словами, дані беруться з датчиків у проміжку часу від 0,25 с і до 20 с. Це забезпечує, з одного боку, хорошу точність у частотній зоні, з інтервалами даних на частоті близько $\Delta f = 1$ Гц у найгіршому випадку, та точністю просторових даних на ґрунті для наборів даних (пакетів), обчислених між 0,2 м та 20 м на ділянці. Розмір пакетів варіюється у діапазоні 250-2000 точок даних у залежності від типу передбачуваної роботи, машини та ґрунтообробних елементів.

Алгоритм групує згадані пакети даних, одержані в процесорному модулі від такої кількості датчиків, які були встановлені в сільськогосподарській машині. Згадані пакети містять дані з акселерометра та гіроскопа, які є характеристиками, об'єднаними та захопленими спільним та тривимірним чином, що дозволяє одержати просторове зміщення, яке зазнає кожне положення, контрольоване датчиком по осях X, Y, Z. Таким чином, від кожного датчика акселерометра отримуються такі значення: час, AccX, AccY, AccZ, GirX, GirY та GirZ. таким чином надаючи інформацію щодо швидкості зміни та просторового напрямку.

На основі вібрації, вимірної за попередніми значеннями, обчислюються механічні параметри, такі як пластичність, твердість, відмови обертання компонентів, термін служби або

знос компонентів, які пов'язують поведінку кожного з ґрунтообробних елементів та сільськогосподарського знаряддя в цілому з механічним опором ґрунту.

5 Одержані пакети даних переносять з часової зони в частотну зону для їх обробки як вібрації, визначаючи параметри на частотах, які ідеально підходять для вимірювання величини поведінки взаємодії ґрунт-структура, а отже, і ґрунту, який збуджується при проході сільськогосподарської машини.

10 Для того, щоб передавати сигнали з часової зони в частотну зону, алгоритми процесорного модуля використовують функцію перетворення Фур'є, потім обчислюють виміряні величини енергії (такі як максимальна накопичена енергія або різні піки енергії на різних частотах), одержані, виходячи із сигналу густини енергії або спектральної густини потужності (PSD), та одержують класифікацію коливань із застосуванням розрахованих частот та енергій у межах від 50 Гц до 500 Гц. Виміряні величини енергії можна одержати відносно, враховуючи мінімальні та максимальні значення за декілька перших проходів, у даних, записаних на тій самій ділянці за попередні дати та записаних у базі даних, або навіть встановлюють їх взагалі, порівнюючи їх з даними, вимірними іншими засобами, такими як пенетрометри та ущільнювачі.

15 Після того як виміряні величини, одержані в часовій зоні, були перенесені в частотну зону, алгоритми процесорного модуля застосовують етап фільтрування, щоб усунути частоти, властиві обертанню, зносу або періодичному тертю, таким чином, що залишаються тільки частоти, властиві вібраціям, які виробляються взаємодією знаряддя та ґрунту, що дозволяє охарактеризувати мінливість ґрунту кожної ділянки. Фільтри в основному базуються на виявленні повторюваності частот, їх вилученні і, отже, зменшенні шуму показів. Наприклад, в одному з варіантів здійснення цього винаходу дуже низькі частоти усуваються (фільтром високих частот), щоб уникнути ефекту базової лінії, а високі частоти, починаючи з 200 Гц, усуваються, щоб уникнути помилкових вимірних величин (фільтром низьких частот). У конкретному варіанті здійснення фільтр Баттерворта 5-го порядку використовується для сигналу від акселерометра для діапазону від 0 Гц до 1Гц.

20 Згрупована обробка інформації дозволяє виявляти варіації вібраційного сигналу після дії кожного ґрунтообробного елемента, що відображає поведінку кожного елемента в режимі реального часу, оскільки локальний процесор, встановлений на борту сільськогосподарської машини, одержує, обробляє і показує всю одержану інформацію та розрахунки, виконані миттєво. Ці зміни у вібраційному сигналі, відображені даними з гіроскопа, дозволяють аналізувати відмінності в обертальних рухах, а отже, блокування ґрунтообробних елементів, що означає погану роботу сільськогосподарського знаряддя та необхідність спостерігати і навіть тимчасово припиняти роботу для виконання ремонту або налаштування машини.

35 Аналіз сигналів у частотній зоні цього винаходу використовується не тільки для визначення механічного стану ґрунту, але він також корисний для визначення терміну економічного використання ґрунтообробних елементів, встановлених у сільськогосподарському знарядді, або в деяких частинах машини, оскільки її циклічні коливання, тобто ті, що не стосуються ґрунту, змінюються внаслідок зносу та структурних змін елементів, таких як зменшення діаметрів дисків або довжини наконечників. Одержані параметри, такі як максимальне значення тимчасового прискорення, максимальна накопичена енергія або різні піки енергії в сигналі PSD спектральної густини потужності для певних частот, дозволяють таким чином, в застосуванням навченої нейронної мережі, характеризувати кожну групу показів про знос та поведінку знаряддя або знаряддя, які раніше були охарактеризовані на той момент залежно від ґрунту.

45 Отже, згідно з усіма попередніми обробками, користувач (фермер) цього винаходу одержує інформацію в режимі реального часу про механічний стан ґрунту, включаючи пластичність і твердість ґрунту, поломки ґрунтообробних елементів, термін служби та зношування. Крім того, обчислення можна уточнити, шляхом включення інформації про вологість, одержаної зовнішніми датчиками. Наприклад, користувач одержує в одному з варіантів здійснення цього винаходу через екран, підключений до головного вузла, інформацію про те, в яких точках (відповідно до розташування GPS) на графіку твердість вища або нижча, і параметри пластичності, щоб оцінити, чи є робота, виконана цим сільськогосподарським знаряддям, більш інтенсивною, і таким чином оцінюються зміни у конфігурації ґрунтообробних елементів, які запобігають пошкодженню обладнання (збільшуючи термін служби) через стирання або зношування, спричинене ґрунтом. Крім того, для обладнання, з'єднаного із сільськогосподарською машиною з можливістю автоматичної зміни конфігурації сільськогосподарського знаряддя, користувач одержує в електронному вигляді ті самі параметри для оцінювання ступенів свободи машини, такі як глибина обробки, режим роботи, швидкість, інтенсивність, відстань між валами або нахил дисків.

На додаток до інформації та відносних дій, цей винахід масштабує всю інформацію, одержану в хмарі через з'єднання LTE/4G/3G/2G на борту сільськогосподарської машини, для того, щоб машина, підключена до іншого обладнання, могла реагувати, тим самим

5 уможливлючи знання та дії у режимі реального часу, визначаючи стан ґрунту в абсолютному режимі. В абсолютному режимі відносні дані порівнюють зі збереженими даними тієї самої ділянки, щоб отримати абсолютну залежність для згаданої ділянки.

Подібним чином ці дані можна порівняти з іншими ділянками, щоб одержати загальну абсолютну зміну, яка дозволяє порівняти мінливість, виявлену на різних ділянках, регіонах та країнах, з якою обробка інформації досягає зворотного зв'язку з параметрами через величину визначеної мінливості. Крім того, це дозволяє відносно дізнатись про часові зміни в обробці

10 протягом усього сезону або з ділянок інших років, а також, знати як рішення, прийняті в попередні роки, змінюються і впливають на поточний стан певного ґрунту. Це означає, що фермер та система можуть визначити, чи попередні дії мали бажаний ефект, чи потребують зміни.

Сільськогосподарські машини, в які вбудовані запропоновані датчики, можуть включати борони, культиватори, сівалки та множину сільськогосподарського обладнання та сільськогосподарських знарядь, які зазвичай причіплюються до трактора, з метою розкриття ґрунту, видалення та зміцнення ґрунту, його ущільнення тощо. У цьому випадку цей винахід переважно зменшує кількість проходів та точність їх виконання, досягаючи покращення у використанні кожного з елементів, які підходять для роботи над роботами з підготовки ґрунту до посіву, і тим самим підвищують продуктивність та покращують результат роботи.

20

Механічні параметри, одержані прямо чи опосередковано із застосуванням показів датчиків, дозволяють фермеру в режимі реального часу змінювати параметри застосування сільськогосподарської операції чи роботи або записувати стан ґрунту та його умови під час виконання операції для подальшого відстеження їх роботи.

25

Цей винахід має багато переваг, серед яких така, що дозволяє фермеру оперативного реагувати на сільськогосподарське знаряддя, не чекаючи обробки інформації, шляхом одержання в режимі реального часу інформації про механічний стан ґрунту, яка включає виміряні величини, пов'язані з твердістю або уявною щільністю. Крім того, також одержують інформацію про поведінку використовуваного ґрунтообробного елемента, яка дозволяє оцінити його робочий стан та визначити можливі засмічення, а також його знос або термін служби, щоб дотриматися оптимального терміну заміни.

30

Крім того, в одному з варіантів здійснення цього винаходу вся ця інформація, яка надана користувачеві, щоб допомогти йому приймати рішення, використовується для взаємодії безпосередньо з виконуваною роботою, таким чином починаючи процес роботизованої взаємодії з пристроєм керування машиною. Отже, одержана інформація передається на машину, щоб інші елементи машини могли автоматично приводити в дію свої компоненти та змінювати режим роботи у залежності від того, як датчики визначають стан ґрунту. Ця функція має вирішальне значення для нової ери автоматичних машин, які сьогодні автоматично керують тракторами, але за короткий проміжок часу вони зможуть автоматизувати виконання всіх сільськогосподарських робіт.

40

Цей винахід не має обмежуватися описаним тут варіантом здійснення. На підставі цього опису фахівці в цій галузі можуть здійснювати інші заходи. Відповідно, обсяг винаходу визначений прикладеною формулою винаходу.

45

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб визначення механічного стану земельної ділянки сільськогосподарського призначення, який **відрізняється** тим, що включає:

50

а) одержання, із застосуванням вимірювального засобу (1), розміщеного в ґрунтообробному елементі (2) сільськогосподарської машини (40), виміряних величин вібраційного сигналу, що виробляється в результаті контакту ґрунтообробного елемента з земельною ділянкою під час обробку ґрунту;

б) надсилання засобом зв'язку (30) виміряних величин, одержаних з вібраційного сигналу, згрупованих в пакети даних, до процесорного модуля;

55

с) перетворення процесорним модулем виміряних величин вібраційного сигналу, згрупованих в пакети даних, у частотний сигнал;

д) одержання сигналу спектральної густини потужності (PSD), виходячи з частотного сигналу;

е) порівняння першого енергетичного профілю, який відповідає значенням сигналу спектральної густини потужності (PSD) в певній смузі частот, з множиною енергетичних профілів з бази

60

даних, при цьому множина енергетичних профілів в базі даних співвіднесена з різними механічними станами земельної ділянки, визначеними відповідно до заздалегідь здійснених вимірювань із застосуванням пенетрометра; та

5 f) визначення механічного стану земельної ділянки за результатами порівняння першого енергетичного профілю з множиною енергетичних профілів, які зберігаються в базі даних.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що механічні стани земельної ділянки, що відповідають кожному з енергетичних профілів в базі даних, визначених відповідно до заздалегідь здійснених вимірювань із застосуванням пенетрометра, включають ступінь твердості та ступінь пластичності на основі заздалегідь здійснених вимірювань із застосуванням пенетрометра.

3. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який включає:

- надсилання вимірних величин, одержаних із застосуванням вимірювального засобу, до головного вузла (31) зв'язку, розміщеного в сільськогосподарській машині;

15 - надсилання інформації на основі цих вимірних величин з головного вузла до центрального сервера (35); та

- зберігання на центральному сервері інформації на основі вимірних величин, надісланих головним вузлом кожної сільськогосподарської машини.

4. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який включає визначення, із застосуванням процесорного модуля, стану ґрунтообробного елемента відповідно до зміни, виявленої в частоті обертання ґрунтообробного елемента, при цьому стан ґрунтообробного елемента вибраний з заблокованого стану ґрунтообробного елемента або стану з певним ступенем зношеності.

5. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який включає модифікування, із застосуванням виконавчого механізму системи керування, фізичного параметра ґрунтообробного елемента залежно від визначеного механічного стану земельної ділянки, при цьому цей фізичний параметр вибраний з таких: робоча глибина, кут атаки ґрунтообробного елемента, відстань між ґрунтообробними елементами, тиск ґрунтообробного елемента та швидкість обертання ґрунтообробного елемента.

6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, який включає етап частотного фільтрування, на якому усуваються одна або декілька повторюваних частот частотного сигналу, що відповідають вібраціям, властивим роботі ґрунтообробного елемента.

7. Система для визначення механічного стану земельної ділянки сільськогосподарського призначення, яка **відрізняється** тим, що включає в себе:

- сільськогосподарську машину (40) із щонайменше одним ґрунтообробним елементом (2);

35 - вимірювальний засіб (1), який включає в себе щонайменше один акселерометр та гіроскоп, розташований у щонайменше одному ґрунтообробному елементі, виконаний так, щоб забезпечити вимірювання вібраційного сигналу, який утворюється в результаті контакту ґрунтообробного елемента з земельною ділянкою під час обробітку ґрунту;

- головний вузол (31) зв'язку, розміщений у сільськогосподарській машині, виконаний так, щоб забезпечити приймання вимірних величин з вимірювального засобу; та

40 - віддалений центральний сервер (35), виконаний так, щоб забезпечити одержання інформації, яка базується на вимірних величинах, яка надсилається з головного вузла зв'язку кожної сільськогосподарської машини, і збереження її у базі даних, яка зберігає множину енергетичних профілів; та

45 - процесорний модуль, сполучений із вимірювальним засобом через головний вузол зв'язку, виконаний так, щоб забезпечити згрупування в пакети даних вимірних величин вібраційного сигналу, перетворення вимірних величин вібраційного сигналу, згрупованих в пакети даних, у частотний сигнал, одержання сигналу спектральної густини потужності (PSD), виходячи з цього частотного сигналу, порівняння першого енергетичного профілю, який відповідає значенням сигналу спектральної густини потужності (PSD) в певній смузі частот, з множиною енергетичних профілів з бази даних, при цьому множина енергетичних профілів в базі даних співвіднесена з різними механічними станами земельної ділянки, визначеними відповідно до заздалегідь здійснених вимірювань із застосуванням пенетрометра, та визначення механічного стану земельної ділянки за результатами порівняння першого енергетичного профілю з множиною енергетичних профілів, які зберігаються у базі даних.

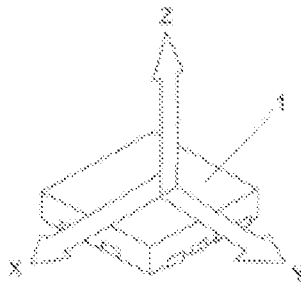
55 8. Система за п. 7, яка **відрізняється** тим, що засоби зв'язку включають в себе щонайменше один проміжний вузол (32), розташований між вимірювальним засобом та головним вузлом зв'язку (31), виконаний так, щоб забезпечити приймання вимірних величин з вимірювального засобу та пересилання цих вимірних величин до головного вузла зв'язку, діючи як міст.

9. Система за будь-яким із пп. 7-8, яка включає в себе модуль (30) бездротового зв'язку, сполучений із вимірювальним засобом, розташованим у кожному ґрунтообробному елементі,

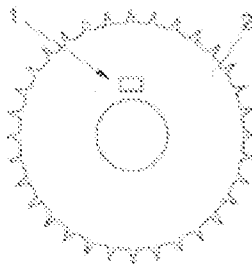
60

виконаний так, щоб забезпечити надсилання вимірних величин з вимірювального засобу до наступного вузла, при цьому наступний вузол виконаний так, щоб забезпечити приймання та передавання бездротовим зв'язком.

10. Система за п. 7, яка **відрізняється** тим, що процесорний модуль включає в себе головний процесор, розміщений у головному вузлі зв'язку.
11. Система за п. 8, яка **відрізняється** тим, що процесорний модуль включає в себе щонайменше один локальний процесор, розміщений у проміжному вузлі.
12. Система за будь-яким з пп. 7-10, яка **відрізняється** тим, що процесорний модуль включає в себе систему керування із щонайменше одним приводом, пов'язаним з ґрунтообробним елементом, так, щоб забезпечити зміни фізичних параметрів ґрунтообробного елемента.
13. Система за будь-яким з пп. 7-12, яка **відрізняється** тим, що головний вузол є віртуальним вузлом, реалізованим у портативному електронному пристрої, вибраному з мобільного телефона та електронного планшета.
14. Система за будь-яким із пп. 7-13, яка **відрізняється** тим, що додатково включає в себе модуль геолокації (63), виконаний так, щоб забезпечити визначення місцезнаходження, де була одержана кожна з вимірних величин вібраційного сигналу.
15. Система за будь-яким із пп. 7-14, яка **відрізняється** тим, що сільськогосподарська машина включає в себе трактор і щонайменше одне з сільськогосподарських знарядь, таких як культиватор, сівалка, плуг або будь-яке інше сільськогосподарське знаряддя, призначене для обробітку земельної ділянки, і при цьому ґрунтообробні елементи сільськогосподарської машини вибрані з-посеред таких: диски, важелі, лемеші, борони, муфти, наконечники, відвали або будь-який інший елемент, виконаний так, щоб уможливити сприйняття вібрацій під час обробітку ґрунту сільськогосподарською машиною.



Фіг. 1



Фіг. 2

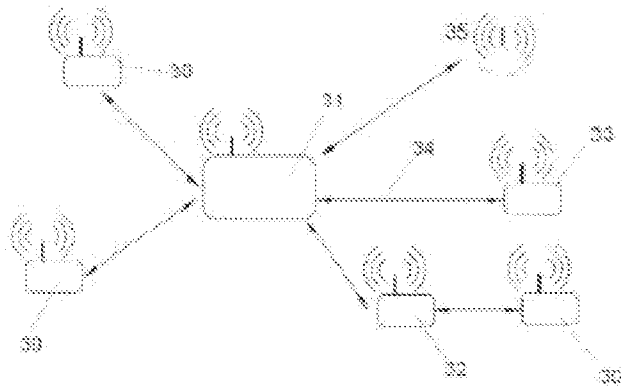


Fig. 3

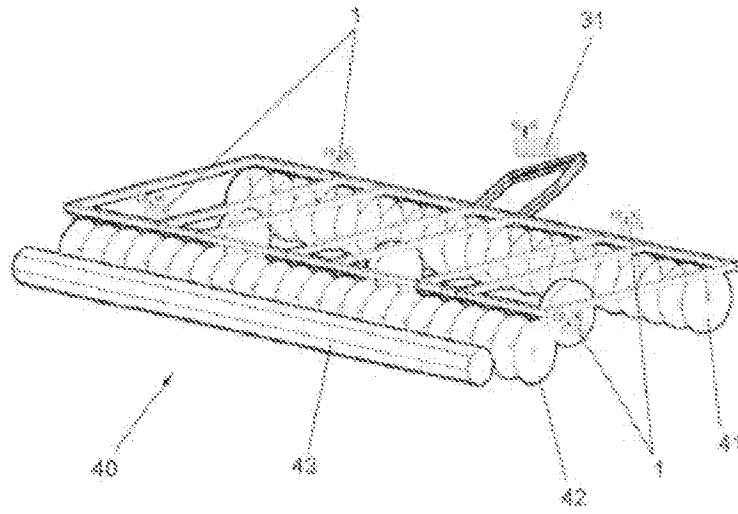
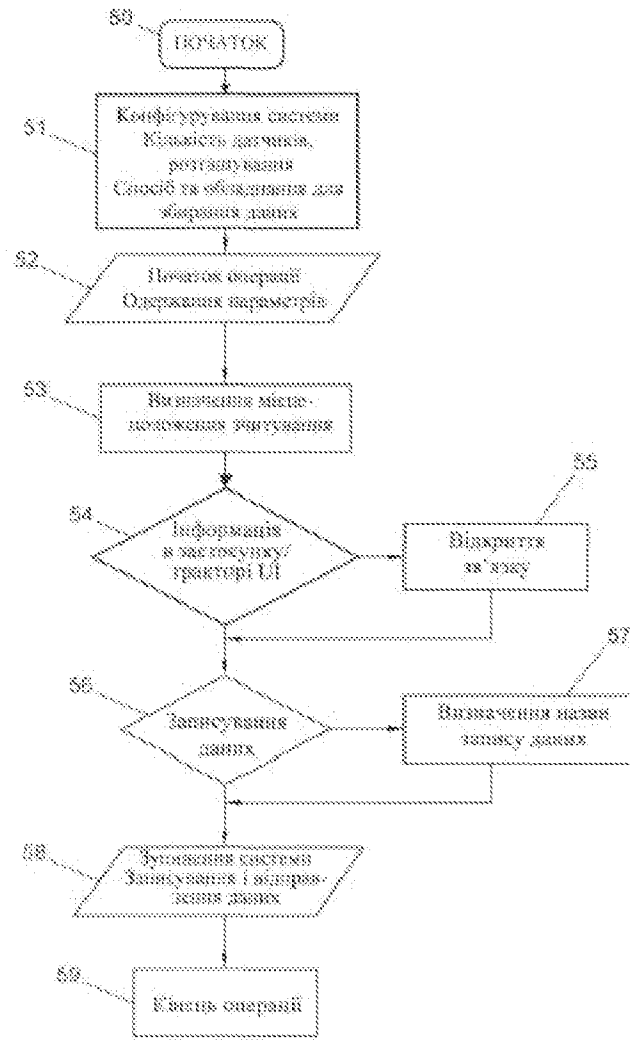
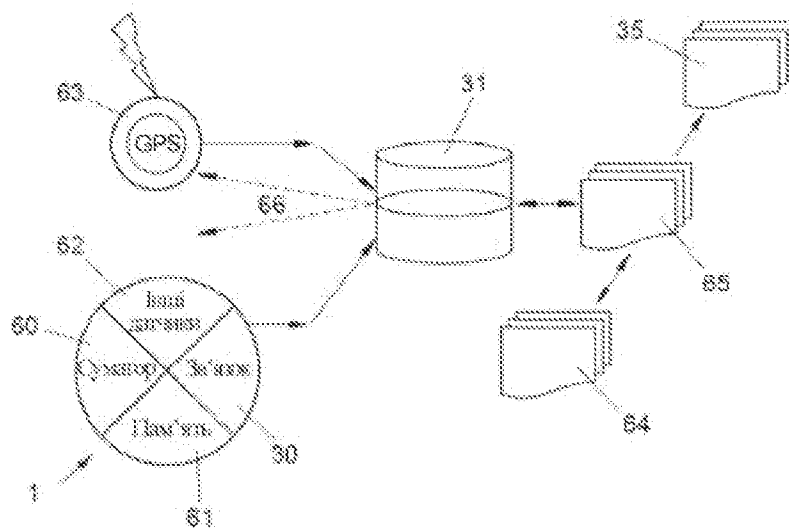


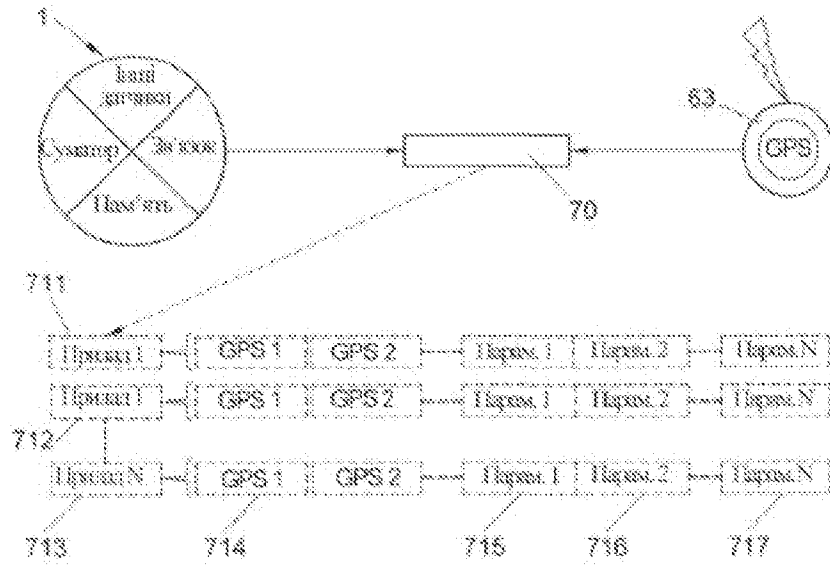
Fig. 4



Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7